Ueber den Einfluss

der

Sonnenstrahlen auf die Rindebildung einiger Waldbäume.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

verfasst und einer

hohen staatswirtschaftlichen Fakultät

der

Kgl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Ludwig Fabricius,

Forstpraktikant.

München 1899.

Kgl. Hof-Buchdruckerei von Kastner & Lossen.

Ueber den Einfluss

der

Sonnenstrahlen auf die Rindebildung einiger Waldbäume.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

verfasst und einer

hohen staatswirtschaftlichen Fakultät

der

Kgl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Ludwig Fabricius,

Forstpraktikant.

München 1899.

Kgl. Hof-Buchdruckerei von Kastner & Lossen.

Jeder aufmerksame Beobachter des Waldes, namentlich jeder Forstmann kennt die Erscheinung des Rindenbrandes.

Sie besteht darin, dass die Rinde an bestimmten Stellen des Stammes abstirbt, aufspringt und schliesslich abfällt. Allein in der Praxis werden mit dem gleichen Namen „Rindenbrand“ zwei Baumkrankheiten zusammengefasst, die ganz verschiedene Ursachen haben. Diese Verwechselung ist umso erklärlicher, als in beiden Fällen die Verletzungen der Bäume äusserlich sehr ähnlich und noch dazu fast stets auf derselben Seite des Stammes, nämlich der Süd-West-Seite auftreten.

Die Ursache des eigentlichen Rindenbrandes ist eine zu intensive Wirkung der Sonnenstrahlen, wie daraus hervorgeht, dass die Süd-West-Seite am meisten gefährdet ist, denn aus dieser Richtung treffen in der heissen Jahreszeit die Sonnenstrahlen während der höchsten Lufttemperatur am Nachmittage den Baum und erhitzen das Cambium an heissen Sommertagen bis zu einem Grad, der unter Umständen den Tod des Plasmas herbeiführen muss. Nach Prof. R. Hartigs Untersuchungen [1]) war die Temperatur des Cambiums auf der Südseite gesunder Fichten mit astfreiem Schaft durchschnittlich um 9—14° C höher als die der Nord-

[1]) Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift Jahrgang I., 1892, Heft 3 und 10.

seite, welche der Lufttemperatur ungefähr gleich war. Bei 37° C Lufttemperatur zeigten 9 in stark durchlichtetem Bestand stehende 80jährige Fichten folgende Temperaturen in Celsiusgraden:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
S.-W.	40,5	44	45	47	47,5	49,5	50,5	51,5	52
N.-O.	35	35,5	36	37,5	38	38,5	40	37	39

Eine 80jährige Fichte von 35 cm Durchmesser hatte in

SW	S	NW	N	NO	O	SO
55°	45°	44°	37°	36°	39°	39°

So hohe Temperaturen sind für den Baum jedenfalls schädlich. Die Kiefer hat in ihrer dicken Borke einen sehr wirksamen Schutz gegen derartige Ueberhitzung, wie folgende Zahlen beweisen. Bei 37° Lufttemperatur betrug die Temperatur einer freistehenden Kiefer im S.-W. 40° C im Cambium, während gleichzeitig das Cambium einer Fichte 55° C hatte. Bei 40,5° Lufttemperatur hatte von 2 gleichdicken (20 cm) Bäumen gleichzeitig.

die Fichte im S-W 50,5° C, im N-O 42,5° C,
„ Kiefer „ „ 38,5° „ „ „ 34,0° „

Aus ganz anderen Gründen wie der eigentliche Rindenbrand tritt die Rindentrocknis ein. In Zeiten aussergewöhnlicher Trocknis wird der Wassergehalt des ganzen Baumes so herabgemindert, dass die dem trocknenden Winde exponierten Rindenteile auf der Süd- und Westseite vollständig vertrocknen.[1]) Da jedoch

[1]) Vergl. R. Hartig, Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München, Heft III, pag. 145.

die Rindentrocknis eine lange Trockenperiode und zugleich Süd-Westwind voraussetzt, so leuchtet ein, dass diese Krankheit ungleich seltener ist als der Rindenbrand. In der That sind bisher auch nur wenige Fälle von Rindentrocknis bekannt. In einem, den Prof. R. Hartig beschreibt, handelt es sich um einen Weymouthskiefernbestand, also eine Holzart mit besonders schwacher Kork- und Borkebildung, der noch dazu auf trocknem Boden stockte, während doch die Weymouthskiefer von Haus aus einen frischen bis feuchten Boden beansprucht. Immerhin mögen vielleicht viele für Rindenbrand gehaltene Erscheinungen richtiger als Rindentrocknis angesprochen werden; auch ist es denkbar, dass die Wirkung der Sonnenstrahlen oft im Verein mit austrocknenden Winden ein Absterben der Rinde hervorruft.

Beim Rindenbrand ist nun eine Thatsache besonders auffallend, nämlich die, dass er fast nur an Bäumen auftritt, die lange Zeit im Schatten eines geschlossenen Bestandes gestanden haben und dann plötzlich durch einen angrenzenden Loshieb, Kahlhieb, Anlage einer Schneisse und dergl. freigestellt und der direkten Besonnung ausgesetzt wurden. Bäume, die von Jugend auf frei standen, leiden fast nie an Rindenbrand. Daraus geht deutlich hervor, dass freistehende Bäume sich in irgend welcher Weise an die schädliche Wirkung der Sonnenstrahlen angepasst, bezw. sich gegen dieselbe geschützt haben und dass plötzlich freigestellte Stämme deshalb von der Krankheit befallen werden, weil sie dieses Schutzes entbehren. Die Frage aber, worin dieser Schutz besteht, inwiefern intensive Besonnung auf die Dauer den anatomischen Bau des Baumes verändert, ist bisher noch nicht gelöst.

Sehr mannigfach sind im Pflanzenreich die Schutzvorrichtungen gegen einen Grad der Verdunstung, der die Wasserzufuhr übersteigen und das Vertrocknen der Pflanze zur Folge haben würde. In erster Linie dient an jungen Pflanzenteilen die Epidermis mit der Cuticula diesem Zweck. „Die Agaven schützen sich gegen übermässige Verdunstung dadurch, dass die Cuticularschichten ihrer Oberhaut beträchtlich verdickt werden".[1] „Die zur Griesebach'schen Chenopodienform gehörigen Gewächse schützen sich gegen zu starke Verdunstung durch Auflösung und Anhäufung der Natriumsalze des Bodens im Safte der Pflanzen; denn eine Salzlösung verdunstet langsamer als reines Wasser, indem das Salz eine zurückhaltende Wirkung auf das Lösungsmittel ausübt. Die Cacteen erreichen denselben Zweck durch ihren Reichtum an Pflanzenschleim, der sich fast im ganzen Organismus, besonders stark aber in der von Scheiden „Collenchym" genannten Schicht unter der Epidermis findet und gleichfalls nur sehr langsam verdunstet." [2] Andere Mittel zu demselben Zweck, die Verdunstung hintan zu halten sind: Unterdrückung des Laubes und Ausbreitung der Blattstiele, wie sie sich bei neuholländischen Acacien findet. „Zur Verminderung der Transpiration bei Cytisus albus trägt sehr wesentlich bei, dass die Furchen, in denen die Spaltöffnungen liegen, mit Haaren ausgekleidet sind.[3]

Dies alles sind Vorrichtungen, die wohl Kräuter und Sträucher vor zu starker Verdunstung schützen

---

[1] Griesebach: „Die Vegetation der Erde" I. 13.

[2] Th. Schube. Inaug.-Dissert. „Beiträge zur Kenntnis der Anatomie blattarmer Pflanzen."

[3] Griesebach l. c. I. pag. 443.

können, nicht aber für unsere Waldbäume genügen und vor allem gegen die direkte versengende Wirkung der Sonnenstrahlen machtlos sind. Die Form, in der sich die Waldbäume gegen Ueberhitzung wie zu starke Verdunstung schützen, ist die Periderm- und Borkebildung. Da nun aber jeder Organismus auf äussere Reize in einer für seine Existenz zweckmässigen Weise reagiert und zwar nur in dem Masse dieses Reizes, so ist a priori anzunehmen, dass die Periderm- und Borkebildung der Waldbäume bei ungehemmtem Lichtzutritt auf der Süd-, Süd-Ost, Süd-West- und West-Seite im allgemeinen stärker ist als auf der Nord-, Nord-Ost-, Nord-West- und Ost-Seite. Zu prüfen, ob und in wie weit diese Annahme durch die Thatsachen bestätigt wird, war der Zweck der folgenden Untersuchungen.

A. Mikroskopische Untersuchungen:

I. Untersucht wurden die 3 jüngsten Jahrestriebe einer Eiche aus dem Forstamte Starnberg. Dieselbe stand vollständig frei und auch die Belaubung war in dem untersuchten oberen Teil des Stammes derart, dass die Sonnenstrahlen direkt die Rinde treffen konnten.

Methode: Es wurden in 4 verschiedenen Höhen, nämlich an der Spitze und an der Basis des einjährigen und in der Mitte des 2- und des 3jährigen Triebes sowohl auf der Süd- als auch auf der Nordseite je 6 bis 10 mikroskopische Querschnitte durch die ganze Rinde bis zum Cambium entnommen. An diesen 6—10 Schnitten jedes der 8 Präparate wurden nun unter dem Mikroskope an 10, 15 oder 20 Stellen, je nach dem Schwanken der Ergebnisse die Breite des Periderms gemessen und die Zahl der Zellen in einem Radius

konstatiert. Dann wurde das Mittel aus den Messungen gezogen und der Befund auf der Südseite mit dem auf der Nordseite verglichen. An der Spitze des einjährigen Triebes, wo die Epidermis noch erhalten war, wurde diese mitgemessen, was die Vergleichbarkeit von Süd- und Nordseite nicht beeinträchtigte.

Die Ergebnisse waren:

	Süden		Norden	
	Zellenzahl	Breite μ	Zellenzahl	Breite μ
1. Spitze des 1 jhr. Trieb.	7,6 (6,6+1)	33,5	6,0 (5+1)	26,9
2. Basis „ „ „ „	8,1	25,4	6,7	24,6
3. Mitte „ 2 jhr. „	9,8	31,3	8,1	26,7
4. „ „ 3 jhr. „	9,7	30,7	8,4	28,5

Diese Zahlen zeigen deutlich, dass auf der Südseite durchweg mehr Kork gebildet wurde als auf der Nordseite. Die geringere Breite des Periderms an der Basis im Vergleich zu der Spitze des einjährigen Triebes trotz einer geringen Zunahme der Zellen erklärt sich daraus, dass die an der Spitze mitgemessene breite Epidermiszelle an der Basis weggefallen ist und die eine bis zwei hinzugekommenen flachen, tafelförmigen Peridermzellen nicht so breit sind als die Epidermis.

Berechnet man aus den Reihen 2,3 und 4 die durchschnittliche Breite einer Peridermzelle, so ergibt sich auf der Südseite 25,4:8,1 = 3,14; 31,3:9,8 = 3,19; 30,7:9,7 = 3,16, also ist im Durchschnitt auf der Südseite eine Peridermzelle 3,16 μ breit; entsprechend auf der Nordseite: 24,6:6,7 = 3,67; 26,7:8,1 = 3,30; 28,5:8,4 = 3,39; also Durchschnitt für eine Zelle 3,45 μ. Lässt man nun von der Zellenzahl an der Spitze des

einjährigen Triebes die eine Epidermiszelle weg und multipliziert die Zahl der Peridermzellen mit der durchschnittlichen Breite einer solchen, so erhält man ungefähr die Breite des Periderms und durch Subtraktion die der Epidermiszelle. Auf der Südseite 6,6 . 3,16 = 20,9 μ Periderm; 33,5 — 20,9 = 12,6 μ Epidermis. Auf der Nordseite 5 . 3,45 = 17,3 μ Periderm; 26,9 — 17,3 = 9,6 μ Epidermis. Es scheint also schon die Epidermis sich auf der Südseite stärker zu entwickeln als auf der Nordseite. Daraus erklärt sich auch, dass auf der Nordseite das Periderm nach Bildung dreier weiterer Zellen wieder die Breite von 26,7 μ erreicht hat, während auf der Südseite 3 Peridermzellen die Epidermis bezüglich der Breite noch nicht ersetzen konnten.

II. Von einer Aspe aus Grosshesselohe wurden die Triebe der letzten 5 Jahre auf die Dicke ihres Periderms und ausserdem am einjährigen Triebe die Epidermis untersucht. Die Aspe stand an einem südlichen Hang wenn auch nicht ganz, so doch in ihren oberen Teilen ziemlich frei. Die Methode war dieselbe wie bei I, doch wurden hier für jede Stelle 20 Messungen vorgenommen, aus denen die folgenden Zahlen als Mittel gewonnen wurden. Nur die Zahlen für die Epidermis sind als Mittel aus 10 Messungen gefunden, die wegen der geringen Schwankungen als ausreichend erschienen.

Epidermis:

Süden		Norden	
Im Ganzen	Aeussere Wand mit Cuticula	Im Ganzen	Aeussere Wand mit Cuticula
24,5 μ	7,0 μ	22,1 μ	6,7 μ

Periderm:

	Süden		Norden	
	Zellenzahl	Breite μ	Zellenzahl	Breite μ
1 jähriger Trieb . .	3,9	85,2	4,4	96.6
2 „ „ . .	7,3	118,8	6.9	131.5
3 „ „ . .	9,6	134,0	9,1	136,2
4 „ „ . .	8,1	118,3	8,6	128.1
5 „ „ . .	9,5	119,3	9,1	121,0

Was nun zunächst die Epidermis anlangt, so haben wir wieder die Zellen derselben auf der Südseite in radialer Richtung stärker entwickelt als auf der Nordseite. Den erhöhten Schutz, den sie auf der Sonnen- und Windseite dem zarten Rindengewebe im ersten Jugendstadium zu gewähren hat, erreicht sie weniger durch eine Verdickung ihrer Aussenwand als durch eine Vergrösserung ihres Lumens. Dies deutet darauf hin, dass ihr der Wind ein gefährlicherer Feind ist als die Sonnenstrahlen. Denn gegen letztere wäre eine Vergrösserung des Luftraumes innerhalb der Epidermiszellen völlig wirkungslos, da Luft die Strahlen nicht hemmt, wohl aber kann die Luft in den Zellen, die nahezu mit Wasser gesättigt sein wird, ein wirksamer Schutz gegen übermässige Verdunstung sein.

Das Periderm zeigt überall auf der Nordseite grössere Breite als auf der Südseite, hingegen ist die Zellenzahl meist auf der Südseite grösser als auf der Nordseite; mit anderen Worten, es kommen auf der Südseite mehr tangentiale Zellwände auf die gleiche radiale Entfernung als auf der Nordseite. Die Tangentialwände sind es aber gerade, welche den Sonnenstrahlen

rechtwinkelig entgegenstehen und sie aufhalten. Während sich also an den jüngsten Trieben die Pflanze in erster Linie gegen das Vertrocknen schützt, tritt an älteren Teilen der Schutz gegen die Sonnenstrahlen in den Vordergrund. Der Grund hiefür ist klar: Je dünner der Trieb ist, umso weniger ist er der Gefahr der Ueberhitzung ausgesetzt, denn da er verhältnissmässig wenig Masse und viel Oberfläche hat, so strahlt er ebenso viel Wärme aus als er empfängt. Die Verdunstung aber, die nur an der Oberfläche erfolgt, ist an einem dünnen Zweig relativ grösser als an einem dicken. Beim Dickenwachstum des Stammes nun nimmt das Volum nach der zweiten Potenz des Stammdurchmessers zu, die Oberfläche dagegen nur nach der ersten Potenz. Es steigt also mit zunehmender Dicke die Gefahr der Ueberhitzung viel mehr als die des Austrocknens durch zu starke Verdunstung. Dementsprechend hat sich der einjährige Trieb der vorliegenden Aspe zunächst nur gegen das Vertrocknen zu schützen gesucht und zwar im Anfang der Vegetationsperiode, wo meist südliche Winde herrschen und wo die Epidermis den einzigen Schutz gewährt, durch Vergrösserung der Epidermiszellen auf der Südseite im Hochsommer, wo die trockenen Nord- und Ostwinde besonders gefährlich sind, durch reichliche Peridermbildung auf der Nordseite.

Vom zweiten Jahr an tritt auf der Südseite deutlich der Schutz gegen die Sonnenstrahlen hervor durch die vermehrte Zellteilung in tangentialer Richtung, auf der Nordseite dagegen werden noch immer wenige aber weitlumige Zellen als Schutz gegen die austrocknenden Nord- und Ostwinde gebildet. Die feuchten Süd- und Westwinde schaden bei der vermehrten Wasserzufuhr

nicht mehr. Die Unregelmässigkeit am 4jährigen Trieb ist wahrscheinlich auf eine örtliche Störung zurückzuführen.

III. Eiche.

Das Untersuchungsmaterial stammt aus Grafrath und besteht aus den acht letzten Jahrestrieben. Die Eiche stand an dem Südrande eines Stangenholzes und war ca. 15 Jahre alt, der Lichtzutritt ziemlich frei und nur wenig durch das eigene Laub und vorgeschobene Aeste eines Nachbarbaumes gehemmt. Die Messungen wurden wieder mit Hilfe eines Mikrometers an mikroskopischen Präparaten vorgenommen. Jede der folgenden Zahlen ist als Mittel aus 20 Messungen gewonnen, ausser denen der drei jüngsten Triebe, wo wegen der sehr geringen Schwankungen 10 Messungen als ausreichend erschienen. Die Messungsergebnisse waren folgende:

Epidermis:

	Süden		Norden	
	Im Ganzen μ	Aeussere Wand mit Cuticula μ	Im Ganzen μ	Aeussere Wand mit Cuticula μ
1 jähriger Trieb; Spitze	13,2	5,5	13,2	5,1
„ „ Basis	7,3	3,3	8,9	3,3

Periderm:

	Süden		Norden	
	Zellenzahl	Breite μ	Zellenzahl	Breite μ
1 jähriger Trieb; Spitze	2,9	25,4	2,9	23,4
„ „ Basis	5,5	35,9	4,9	40,5
2 „ „	6,0	37,8	6,0	36,1
3 „ „	8,6	53,7	7,9	49,8
4 „ „	10,2	52,5	9,8	53,4
5 „ „	9,5	54,9	10,1	53,4
6 „ „	11,5	63,0	10,8	58,3
7 „ „	11,1	62,5	11,4	63,9
8 „ „	12,7	68,3	10,8	60,3

Ein Blick auf diese Zahlen zeigt, dass hier auf Süd- und Nordseite kein wesentlicher Unterschied besteht. Ueber die Ursachen hierfür lässt sich natürlich nichts Bestimmtes sagen; sei es, dass der Stamm doch durch die eigene Belaubung und die der Nachbarstämme mehr beschattet wurde, als dies im Winterzustand, in dem das Material gesammelt wurde, anzunehmen war, sei es, dass ein dahinter stehender Stamm so viel Wärmestrahlen auf die Eiche reflektierte, dass der Temperaturunterschied auf Nord- und Südseite nicht allzu gross war. Immerhin zeigt der geringe Unterschied, welcher beim Periderm vorhanden ist, dieselbe Tendenz wie in den vorigen Fällen, nämlich auf der Südseite mehr Substanz auf die Bildung von tangentialen Zellwänden zu verwenden als auf die von radialen, denn der Unterschied in der Zellenzahl ist grösser als der in der Breite. An der Epidermis sehen wir nur die Aussenwand mit Cuticula auf der Südseite etwas stärker entwikelt als auf der Nordseite. Das geringe

Plus kommt auf Rechnung der Cuticula, denn an der Basis des einjährigen Triebes, wo die Cuticula abgestossen war, zeigte die Aussenwand der Epidermis auf beiden Seiten gleiche Breite.

Am Periderm des jüngsten Jahrestriebes wurde nun bei dieser Eiche noch eine interessante Erscheinung beobachtet, die auch bei der Eiche I, wenn auch in minderem Masse zu konstatieren war. Die zuerst gebildete Korkzelle des Phellems ist nämlich in radialer Richtung 2—4mal so gross als alle späteren, während ihre tangentiale Breite natürlich gleich jener der übrigen Zellen desselben Radius ist. Dies ist auf allen Seiten des jungen Triebes ziemlich gleich. Allein wenn man diese Zellen im definitiven d. h. abgestorbenen und verkorkten Zustande auf der Süd- und Nordseite vergleicht, findet man, dass auf der Nordseite etwa die Hälfte derselben nur mit Luft erfüllt sind, während die übrigen mit einer braunen Substanz ausgestopft sind. Auf der Südseite fehlen diese luftführenden Zellen zwar nicht ganz, sind aber in viel geringerer Zahl vorhanden.

Wir haben hier offenbar wieder die schon bekannte Schutzvorrichtung gegen einen gefährlichen Grad der Verdunstung, der dem jungen Triebe, solange erst eine Peridermzelle gebildet ist, zu statten kommt und die Epidermis in ihrer Funktion unterstützt. In dem Masse, in dem sich die Korkzellen vermehren, wird dieselbe natürlich zwecklos. Als die äussersten Zellen des Phellems werden sie auch zuerst abgestossen, was oft schon im zweiten Jahre geschieht.

B. Makroskopische Untersuchungen.

Es kamen zunächst 5 Weisstannen zur Untersuchung, welche aus dem Forstamt Freising stammten An

ihnen wurden die lebende Rinde und die Borke gemessen und zwar mittels eines in $^1/_5$ mm geteilten Metallmassstabes, der bei einiger Uebung Schätzungen auf $^1/_{10}$ mm gestattete. Die Messungen wurden mit Hilfe einer Lupe vorgenommen. Für jede Messstelle wurde ferner die Länge des Radius des zugehörigen Holzkörpers von der Markröhre bis zum Cambium festgestellt. Letzteres geschah, um den Gedanken zu prüfen, ob nicht vielleicht die stärkste Rinde- und Borkebildung immer Hand in Hand gehe mit dem stärksten Holzzuwachs. Wenn dies der Fall wäre, so könnte man nicht von einer „Schutzvorrichtung“ des Baumes gegen die Sonnenstrahlen sprechen. Die gesteigerte Rinde- und Borkelbildung stellte sich dann ebenso wie der gesteigerte Holzzuwachs lediglich als das Ergebnis der durch die Besonnung gesteigerten Thätigkeit des Cambiums dar; ein besonderer Zweck der Verstärkung der Rinde aber, wie er sich doch darin ausdrücken würde, wenn das Cambrium mit einem Male relativ mehr Rindezellen als Holzzellen bildete, könnte man dann in Abrede stellen, da ja auch für die einseitige Vermehrung des Holzes ein solcher in der Regel nicht einzusehen ist. Die folgenden Ergebnisse werden darthun, ob und in wie weit dies zutrifft.

Methode: Die drei Grössen, Holzradius, lebende Rinde und Borke, wo solche vorhanden, wurden für jede Scheibe an 16 Punkten aufgenommen derart, dass die Peripherie der Scheibe in vier gleiche Teile geteilt wurde, welche die Süd-West-, Nord-West-, Nord-Ost- und Süd-Ost-Seite repräsentierten, und in jeder dieser vier Regionen möglichst verteilt und an möglichst

typischen Stellen vier Messpunkte ausgewählt wurden. An jedem derselben wurden dann die obigen drei Grössen ermittelt und für jede der Durchschnitt berechnet.

IV. Tanne I.

Der Baum war 105 Jahre alt und stand seit 20 Jahren nach Süd-Westen hin frei. Er zeigte in ca. 3 m Höhe auf der Süd-West-Seite starken Rindenbrand, der bis etwa zur Höhe von 5,50 m hinauf reichte. Die Rinde war handbreit abgestorben. Es wurden dem Stamm vier Scheiben entnommen.

Scheibe 1 aus 1,20 m Höhe zeigte bis zur Freistellung vor 20 Jahren den grössten Holzzuwachs auf der Westseite. Durch die Freistellung auf der Süd-West-Seite wurde der Zuwachs nach N-N-W gedrängt, wahrscheinlich infolge des Winddruckes, da auch Rotholzbildung auf dieser Seite erfolgte. Die Ergebnisse der Messungen in mm waren folgende:

	S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Holz	151	**187**	124	110
Rinde	3,3	**5,7**	4,2	4,0
Borke	**5,8**	2,0	3,2	3,5

Sofort fällt an dieser Scheibe die dicke Borke auf der Süd-West-Seite auf. Sie bewahrte an dieser Stelle die Rinde vor dem Rindenbrand, dem sie weiter oben erlegen ist. Auch zeigt sich, dass hier das Maximum der Borke unabhängig von dem des Holzes ist; im Gegenteil ist gerade im Nord-Westen die schwächste Borke. Das Maximum der lebenden Rinde dagegen fällt mit dem des Holzes in Nord-Westen zusammen.

Scheibe 2 in 5,6 m Höhe unmittelbar über der Rindenbrandwunde entnommen hatte folgende Maasse:

	S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Holz	102	106	**136**	132
Rinde	3,7	3,9	**4,3**	3,9
Borke	**6,0**	3.9	2,9	3,6

Scheibe 3 zeigt wie die Verhältnisse unmittelbar unter dem Kronenansatz in einer Höhe von 9,7 m lagen:

	S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Holz	98	94	110	**118**
Rinde	4,4	**4,5**	4,3	4,2
Borke	**3,8**	2,4	1,3	2,8

Scheibe 4 ist in einer Höhe von 16,5 m aus der Krone genommen:

	S.-W. mm	N. W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Holz	**4,9**	48	49	48
Rinde	**4,3**	4,2	4,0	4,1
Borke	**0,5**	—	—	0,4

Ein Blick auf diese Zahlen zeigt, dass der Baum wahrscheinlich ein sog. Drehwuchs ist, da sich der stärkste Holzzuwachs von unten nach oben spiralig von N-W über N-O und S-O nach S-W dreht. Das Maximum der Borke folgt dieser Drehung nicht, sondern

findet sich in allen Stammhöhen auf der Süd-West-Seite. Die raschere Bildung von Korkhäuten auf der Süd-West-Seite, welche die Borkeschuppen aus der lebenden Rinde abtrennen, zeigt sich auch darin, dass auf der Süd-West-Seite unverhältnismässig mehr Borkeschuppen über einander liegen, die einzelnen Schuppen also weniger dick sind als auf der Nord-Ost-Seite. Die unterste Scheibe hat auf der Süd-West-Seite 4—6 Schuppen über einander auf der Nord-Ost-Seite meist nur eine, ausnahmsweise zwei. Bei der zweiten Scheibe stehen durchschnittlich vier Borkeschuppen auf der Süd-West-Seite einer auf der Nord-Ost-Seite gegenüber. Die dritte Scheibe zeigt im Süd-Westen drei, im Nord-Osten nie mehr als eine, ja sogar auf einer Strecke von 7 cm, d. i. $^1/_7$ des ganzen Scheibenumfangs noch gar keine Borkeschuppe. Die zuerst gebildete Borkeschuppe unterscheidet sich schon für das unbewaffnete Auge von allen folgenden deutlich durch eine weit grössere Menge von Steinzellen (Sterëiden). Es liegt nun die Vermutung nahe, dass diese Steinzellen, da sie mit ihren dicken Wänden offenbar einen vorzüglichen Schutz gegen Sonnenstrahlen gewähren, umso mehr als sie oft in grossen cylindrisch gewölbten Platten lückenlos aneinander schliessend in der Rinde liegen, auf der Süd-West-Seite stärker ausgebildet seien als auf der Nord-Ost-Seite.

Um den prozentischen Gehalt an Steinzellen in der Rinde festzustellen wurde folgendermassen zu Werk gegangen: Jeder der beiden Seiten wurden 12 mikroskopische Querschnitte der ersten Borkeschuppe entnommen und jeder derselben mit einer möglichst typischen Stelle unter das Mikroskop gebracht und nun in jedem der

100 Felder des Flächenmikrometers der Gehalt an Steinzellen nach Zehnteln des Feldes geschätzt. So ergab sich aus 1200 Einzelschätzungen eine vergleichbare Durchschnittszahl. Dieselbe betrug in Prozenten berechnet auf der Süd-West-Seite 38,1 %, auf der Nord-Ost-Seite 43,0 %. Diese Differenz liegt wohl innerhalb der Unsicherheitsgrenzen der Methode und berechtigt zu keinem weiteren Schlusse. Allein dieses negative Resultat ist in diesem Falle leicht verständlich, da ja der untersuchte Baum in jener jugendlichen Altersperiode, in welcher hauptsächlich die Steinzellenbildung erfolgt, noch nicht frei stand, daher auch noch keiner ungleichen Sonnenwirkung auf den verschiedenen Seiten ausgesetzt war. Dass das Sklerenchym in der Aussenrinde trotzdem geeignet ist, neben seiner eigentlichen Funktion der Festigung der Rinde auch als Schirm gegen zu starke Besonnung zu dienen, leuchtet aus physikalischen Gründen von selbst ein, und dass es thatsächlich an genügend lange freistehenden Bäumen auf der Sonnenseite wesentlich stärker entwickelt ist als auf der Schattenseite, wurde an einer Buche nachgewiesen. Die dabei gefundenen Resultate werden unter Kap. XII näher erörtert werden.

Der hier in Frage stehende Fichtenstamm zeigt aber noch einen sehr augenfälligen Unterschied zwischen Süd-West- und Nord-Ost-Seite, indem nämlich erstere Seite an ihrer Oberfläche den bekannten weissen Ueberzug von Krustenflechten trägt, der der Weisstanne ihren Namen eingebracht hat, während die letztere eine von verschiedenen Algenarten herrührende grüne Farbe zeigt.

V. Tanne II.

Dieser Baum war schon seinem Standort nach nicht besonders charakteristisch für die zu untersuchenden Verhältnisse und seine Verwendbarkeit für die vorliegenden Zwecke wurde noch dadurch beeinträchtigt, dass ihm als hochwertigem Nutzholzstamm nur am Stock, am Kronenansatz und in der Krone Scheiben entnommen werden konnten.

Es sei an dieser Stelle die Bemerkung gestattet, dass eine Hauptschwierigkeit dieser Untersuchungen in der Beschaffung des geeigneten Materials bestand. Stämme, die längere Jahre hindurch wirklich einer starken Insolation ausgesetzt waren, ohne dass sie am Rindenbrand leiden, sind im Walde selten. Und doch kann man nur an solchen eine Schutzvorrichtung gegen die schädlichen Sonnenstrahlen voraussetzen. Bäume, die von jeher frei standen, sowie Randbäume, sind meist durch ihre eigene tief herabgehende Beastung geschützt. Astreine, im späteren Alter frei gestellte Stämme, wie sie der rationelle Ueberhaltbetrieb mit allmählicher Gewöhnung der Bäume an den Freistand liefert, sind aber in der Gegend von München ebenso selten wie dieser Betrieb. Man muss sich daher meist entweder mit nicht völlig besonnten Stämmen oder mit den unversehrt gebliebenen Teilen von Stämmen, die von Rindenbrand befallen sind, begnügen.

Zu der ersteren Klasse gehört die in Rede stehende Tanne. Sie ist 120 Jahre alt und der Bestand, dem sie angehörte, ist seit 15 Jahren so licht, dass die Sonnenstrahlen wohl eindringen konnten, allein in wie weit die Nachbarstämme doch Schatten gewährten, ist unsicher. Rindenbrand war nicht vorhanden. Die

Untersuchungsmethode ist bei diesem wie bei allen folgenden Stämmen im Wesentlichen dieselbe wie beim vorigen und führte an den 3 untersuchten Scheiben zu folgenden Resultaten:

Scheibe 1.

	S.-W. mm	N.W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Holz	178	180	**221**	197
Rinde	6,5	**8,2**	8,0	6,8
Borke	6,4	3,7	5,6	**7,7**

Aus diesen Zahlen lassen sich keinerlei Schlüsse auf den Einfluss der Insolation ziehen, weil der Baum in der Höhe von 30 cm fast ganz durch Unkraut und Jungwüchse beschattet war. Sind solche Schatten gebende Pflanzen nicht vorhanden, dann sind allerdings die Bäume in der Regel am Wurzelanlauf am meisten der Gefahr der Ueberhitzung vermutlich wegen des mangelnden Luftzuges ausgesetzt.

Scheibe 2.

Höhe 14,6 m, unterhalb des Schattenbereiches der Krone.

	S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Holz	117	111	123	**126**
Rinde	5,3	5,3	6,7	**6,8**
Borke	**5,4**	4,2	1,5	1,8

An dieser Stelle ist wieder deutlich die Süd-West-Seite durch dicke Borke bevorzugt. Wieder fällt, wie

an der vorigen Tanne (von Scheibe 4, die aus der Krone stammt, abgesehen) die grösste Dicke der Borke nicht mit der des Holzkörpers zusammen. Auch wenn man Rinde und Borke zusammen mit dem Radius des Holzkörpers vergleicht, zeigt sich, dass die Stärke der ersteren unabhängig von der des letzteren ist, ein Beweis, dass durch die Besonnung auf der Süd-West-Seite die Bildung von Rindezellen stärker begünstigt wird, als die von Holzzellen.

Scheibe 3

zeigt, wie die Verhältnisse innerhalb der schattigen Krone bei 19 m Höhe lagen und bestätigt die Vermutung, dass hier die Südwestseite nicht bevorzugt ist durch stärkere Borke.

	S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Holz	95	80	88	**101**
Rinde	6,2	5,2	**6,8**	6,3
Borke	—	**2,2**	—	—

An der Oberfläche zeigte der Stamm dieser Tanne einen gleichmässigen, weissen Ueberzug von Krustenflechten und erst in der Krone war die Nordost-Seite wieder durch schwarzgrünen Algenüberzug ausgezeichnet.

VI. Tanne III.

Zum Vergleich mit den beiden vorigen Tannen, welche längere Zeit der freien Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt waren, wurde dieser Stamm aus einem dicht geschlossenen alten Tannenbestand genommen, in den sicher das ganze Jahr hindurch kaum ein Sonnenstrahl eindringen konnte, so dass der Baum

auch keine Veranlassung hatte, sich nach irgend einer Seite besonders zu schützen. Der Baum ist ca. 166 Jahre alt und wurde an 2 Stellen, nämlich in der Höhe von 0,3 und von 18 m untersucht, was zu folgenden Resultaten führte.

		S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Scheibe 1 0.3 m	Holz . .	**272**	177	209	254
	Rinde .	**7,4**	5,7	5,9	6,6
	Borke .	3,0	3,2	3,4	**3,6**
Scheibe 2 18 m	Holz . .	134	121	122	**136**
	Rinde .	6,7	6,1	**6,8**	6,7
	Borke .	2,3	**3,2**	2,1	1,7

Man sieht sofort, dass hier keinerlei Gesetzmässigkeit besteht. An der einen Stelle ist die stärkste Borke im Südosten, an der anderen im Nordwesten. Ueberhaupt sind die Unterschiede in der Dicke der Borke am Stockabschnitt sehr gering; unter dem Kronenansatz sind sie etwas grösser; allein das rührt daher, dass diese Partie des Stammes sich gerade in dem Stadium der Bildung der ersten Borkeschuppe befindet. Mehr als eine Schuppe ist noch nirgends vorhanden, dagegen sind z. B. im Südosten und Nordosten ganze Partien noch ohne Borke. Würde hier vielleicht schon im nächsten Jahre die erste Borkenschuppe gebildet, so könnte sich das Verhältnis ganz anders gestalten, denn betrachtet man Rinde und Borke zusammen, so erkennt man, dass die verschiedenen Seiten thatsächlich wenig Unterschiede zeigen; man erhält dann die Zahlen:

S-W	N-W	N-O	S-O
9,0	9,3	8,9	8,4 mm.

Ferner fällt an diesem Stamme, namentlich an der unteren Scheibe, die geringe absolute Dicke der Borke auf, die bedeutend hinter der der vorigen, 46 Jahre jüngeren Tanne II zurückbleibt und kaum die der 60 Jahre jüngeren Tanne I erreicht, ein neuer Beleg dafür, dass Besonnung die Borkebildung fördert, Schatten dieselbe zurückhält.

Das nächste Untersuchungsmaterial sollte zeigen, ob die Besonnung auch schon an einem Baum, der noch keine Borke hat, Unterschiede in der Rinde der verschiedenen Seiten hervorruft. Da Borkebildung erst erfolgt, wenn die Rinde eine gewisse Dicke hat, so ist anzunehmen, dass die Rinde der Süd- oder Südwest-Seite eines solchen Baumes, der plötzlich freigestellt wurde und des Schutzes einer Borke bedarf, rascher dieser Grenze zueilt als die Nordost-Seite.

Sehr geeignet für diesen Zweck erschienen die folgenden 2 Tannen.

VII. Tanne IV.

Diese war 65 Jahre alt und im engen Schluss erwachsen, bis vor 8 Jahren durch Schneedruck der grösste Teil des Bestandes vernichtet wurde. Der Baum gehörte zwar zu den wenigen überlebenden, erlitt aber infolge der plötzlichen Freistellung auf der Südwest-Seite Rindenbrand, der von 1 m Höhe bis in die lichte Krone (etwa 3 m hoch) reichte. Von dem unteren verschont gebliebenen Stammteil, sowie über der Brandwunde aus der Krone wurden Stammscheiben entnommen und untersucht.

		S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Scheibe 1 bei 1 m H.	Holz . .	82	86	**92**	78
	Rinde .	**5.8**	5,1	4,9	5,6
	Borke .	**0.7**	—	—	—
Scheibe 2 bei 3 m H.	Holz . .	63	67	69	**71**
	Rinde .	**4,5**	4,4	3,7	3,8

Die Zahlen bestätigen die oben ausgesprochene Vermutung. Die Rinde ist im Südwesten am breitesten; hier ist es sogar an einer Stelle schon zur Bildung einer Borkeschuppe gekommen. Es folgt dann die nächstdem am stärksten besonnte Südost-Seite, dann die Nordwest-Seite, die im Sommer noch die Abendsonne bekommt bei hoher Lufttemperatur und endlich die Nordost-Seite, die nur in der Frühe bei niederer Lufttemperatur beschienen wird. Innerhalb der Krone ist der Verlauf naturgemäss nicht so regelmässig, immerhin liegt das Maximum der Rinde im Südwesten, das Minimum im Nordosten. Von der Stärke des Holzzuwachses erscheint die der Rinde wieder völlig unabhängig.

VIII. Tanne V.

Die zweite der noch borkelosen Tannen war etwa 35 Jahre alt und soll immer frei gestanden haben. Trotzdem litt sie auf der Westseite am Rindenbrand. Die Messungen der Rinde wurden wieder unterhalb und oberhalb der Brandstellen vorgenommen. Die Ergebnisse waren folgende:

		S.-W. mm	N.-W. mm	N.-O. mm	S.-O. mm
Scheibe 1 1 m	Holz . .	61	70	**72**	66
	Rinde .	**4,0**	3,4	3,2	3,5
Scheibe 2 4 m	Holz . .	48	49	**57**	54
	Rinde .	**4,2**	3,6	3,0	3,3

Die Zahlen stimmen bezüglich unserer Frage vollkommen mit denen der vorigen Tabelle überein. Ferner zeigte der Baum auf der Nordost-Seite den charakteristischen grünen Algenüberzug.

Bei näherer Betrachtung dieser beiden letzten Tannen muss es auffallen, dass, da die Stämme einmal dem Rindenbrand verfallen sind, überhaupt auf der Südwest-Seite des Schaftes noch eine Strecke von 1 m über dem Boden verschont geblieben ist, obwohl diese Partie doch wegen des geringen Luftzuges über dem Boden der Ueberhitzung noch mehr ausgesetzt ist und einer schützenden Borke ebenso entbehrt wie die höheren. Vielleicht war hier unten eine dickere Rinde gebildet worden als an den abgestorbenen Teilen, was sich natürlich nicht mehr kontrolieren lässt. Aber wenn auch, so wäre doch die dicke lebende Rinde ebenso unmittelbar von den Sonnenstrahlen getroffen worden als die dünne, wenigstens in ihren äusseren Teilen. Es scheint daher vor allem die Innenrinde und speziell das Cambium gegen die Insolation empfindlich zu sein und bei Sonnenbrand mit dem Absterben zu beginnen, die übrige Rinde aber erst in Folge davon auch abzusterben. Es käme also dann schon der lebenden Aussenrinde die Funktion zu, das Cambium vor der Sonne zu schützen.

IX. Aspe.

Dieselbe stand im Forstamt Freising, war 43 Jahre alt und 16.2 m hoch. Sie gehörte einem lückigen gemischten Laubholzbestande an und war seit vielen Jahren nach Süden und Südosten ganz frei. Im Südwesten stand etwa 2 m entfernt eine andere Aspe, deren Aeste und Laub den Baum im Sommer auf dieser Seite beschatteten. Infolgedessen war an diesem Stamme nicht die Südwest-Seite, sondern die Südost-Seite am stärksten insoliert. Dem Schaft wurden in etwa 1 m langen Abständen 16 Scheiben entnommen und ganz nach derselben Methode wie seither Holzradius, Rinde und Borke gemessen. Da jedoch die absolute Grösse der Zahlen für den vorliegenden Zweck ohne Bedeutung ist, so wird in der folgenden Tabelle nur immer die Seite angegeben, auf der in den verschiedenen Baumhöhen sich einerseits die dickste Borke, andererseits das Maximum von Rinde und Borke zusammen genommen fand; von 10.8 m an war keine Borke mehr vorhanden; es handelt sich daher von da ab um die Rinde allein. Wo das betreffende Maximum mit dem des Holzradius zusammenfällt, ist ein * beigefügt.

Höhe	Maximum der		Höhe	Maximum der	
	Borke	Rinde + Borke		Borke	Rinde + Borke
0,3	S.-O.*	S.-O.*	7,7	N.-O.*	S.-O.
1,3	S.-W.	S.-O.	8,8	S.-O.	S.-O.
1,5	S.-O.	S.-O.	9,8	N.-O.	S.-O.*
				Rinde	
2.5	N.-W.	N.-W.	10.8	S.-O.	
3,5	S.-O.*	S.-O.*	11,8	S.-O.	
4,7	S.-W.	S.-W.	13,0	S.-O.	
5,7	N.-W.	N.-W.	14,0	S.-O.	
6,9	S.-W.*	S.-O.	15,2	S.-W.	

Es findet sich also das Maximum der Borke

4 mal in S-O
3 „ „ S-W
2 „ „ N-O
2 „ „ N-W

Das Maximum von Rinde und Borke zusammen war

8 mal in S-O
1 „ „ S-W
0 „ „ N-O
2 „ „ N-W

Die stärkste Rinde fand sich

4 mal in S O
1 „ „ S-W
0 „ „ N-O
0 „ „ N-W

Betrachtet man die Borke allein, so zeigt sich, dass sie meist auf der südlichen Hälfte des Stammes am stärksten entwickelt ist. Hier wieder scheint die Südost-Seite etwas bevorzugt vor der Südwest-Seite. Letzteres Verhältnis aber tritt ganz deutlich hervor, wenn man die lebende Rinde mitrechnet und ebenso ist da, wo noch keine Borke vorhanden ist, die Rinde fast immer auf der Südost-Seite am dicksten.

Es zeigt also der vorliegende Stamm besonders deutlich, dass die gesteigerte Rinde- und Borkebildung eine Folge intensiverer Besonnung und nicht etwa anderer Einflüsse ist, denn wegen des erwähnten Nachbar-Baumes ist hier ausnahmsweise einmal die Südost-Seite am stärksten insoliert und zugleich findet sich auch das Maximum von Rinde und Borke statt wie gewöhnlich auf der Südwest-Seite hier auf der Südost-Seite.

Der Stamm war auf der Nordwest-Seite mit Moos bewachsen.

X. Esche.

In demselben Bestand, aus dem die vorige Aspe war, wurde noch eine 55jährige, 24,3 m hohe Esche gefällt und aus dem Stamm von 0,3 m an fortschreitend immer in Abständen von 1 m 24 Stammscheiben ausgesägt. Der Baum stand ziemlich frei und zwar nach allen Seiten gleichmässig. Die folgende Tabelle, welche die Messungsergebnisse enthält, ist wieder ebenso zu verstehen wie die vorige, doch kam es hier wiederholt vor, dass die gefundenen Zahlen auf 2 Seiten gleich waren. Es wurden dann beide Himmelsrichtungen in die Tabelle anfgenommen und beide dann als 0,5 in der entsprechenden Rubrik der nächsten Tabelle addiert.

Höhe m	Maximum der Borke	Maximum von Rinde + Borke	Höhe m	Maximum der Borke	Maximum von Rinde + Borke
0,3	S.-O.	N.-O.	8,3	S.-W.*	S.-W.*
1,3	S.-W.	S.-W.	9,3	S.-W.	N.-W.;S.W.
2,3	S.-W.	N.-O.	10,3	S.-O.	S.-O.
3,3	S.-W.;S.-O.	S.-W.	11,3	S.-O.*	S.-O.*
4,3	S.-W.	S.-W.	12,3	N.-O.	S.-W.
5,3	S.-O.	S.-O.	13,3	N.O.*	N.-O.*
6,3	S.-W.	S.W.	14,3	S.-O.*	S.-O.*
7,3	S.-W.	N.-W.*	15,3	S,-W.	S.-W.

Höhe m	Maximum der Borke	Maximum von Rinde + Borke	Höhe m	Maximum der Rinde
16,3	S.-W.*	S.-W.*	21,3	S.-W.
17,3	S.-O.	S.-O.	22,3	N.-O.*
18,3	S.-W.	S.-W.	23,3	N.-W.*
19,3	N.-O.*	N.-O.*		
20,3	S.-W.*	S.-W.*		

Es entfiel also das Maximum

	der Borke	der Rinde	von Rinde + Borke
auf S.-W.	11,5 mal	1 mal	10,5 mal
„ S.-O.	6,5 „	0 „	5 „
„ N.-O.	3 „	1 „	4 „
„ N.-W.	0 „	1 „	1,5 „

Die stärkere Borkebildung auf der Süd-West-Seite ist unverkennbar. Stellen, welche noch frei sind von Borke, finden sich zuerst im N-O bei 3,30 m
„ N-W „ 3,30 „
„ S-O „ 15,30 „
„ S-W „ 16,30 „

Wie es nun aber kommt, dass trotz der offenbaren Begünstigung der Borkebildung durch die Besonnung dennoch bisweilen auf der N-O-Seite mehr Borke vorkommt als auf der Süd-West-Seite, lässt sich natürlich nicht allgemeingültig erklären. Bei näherer Betrachtung im einzelnen Falle findet sich aber doch bisweilen ein Anhalt zur Entdeckung der Ursache, die die Borkebildung an einer Stelle verhindert oder gefördert hat.

Fördernd für dieselbe wirken Verwundungen der Rinde, hindernd scheint besonders starker Moos- und Flechtenwuchs zu wirken. Letzteres war namentlich an den Scheiben aus 11,3 und 12,3 m Höhe deutlich ersichtlich. An beiden Scheiben fanden sich auf der Nord-West-Seite starke Moospolster und genau soweit, wie diese reichten, war die Borkebildung völlig unterblieben, während im übrigen die Scheibe in ihrem ganzen Umfang Borke trug. Auch an diesem Stamm zeigte sich wie am vorigen der Moos- und Flechtenwuchs besonders stark auf der N-W-Seite, weniger stark auf der N-O-Seite.

XI. Fichten.

Am Südrande eines ca. 70jährigen Fichtenbestandes in Grafrath wurden 2 Probestämme gefällt und aus dem Schafte der einen 8, aus dem der andern 9 Scheiben je im Abstande von 2 m ausgeschnitten. An jeder Scheibe wurden wieder an 16 auf der Peripherie gleichmässig verteilten Stellen Borke, Rinde und Radius des Holzkörpers gemessen. Es fand sich an den 8 Scheiben der

Fichte I.

Die grösste Dicke

	der Borke	der Rinde	von Rinde + Borke	des Holzes
in S.-W.	5 mal	1 mal	5 mal	0 mal
„ S.-O.	2 „	2 „	3 „	8 „
„ N.-O.	0 „	5 „	0 „	0 „
„ N.-W.	1 „	0 „	0 „	0 „

Als Durchschnittswerte aus allen 32 (4 an jeder Seite) Messungen auf jeder der 4 Seiten des Stammes ergaben sich

	Borke	Rinde	Rinde + Borke	Holz
S.-W.	2,0 mm	2,6 mm	4,6 mm	63 mm
S.-O.	1,7 „	2,8 „	4,5 „	74 „
N.-O.	1,4 „	3,0 „	4,4 „	65 „
N.-W.	1,5 „	2,6 „	4,1 „	60 „

Aus beiden Tabellen geht übereinstimmend hervor, dass die Borke auf der südlichen Hälfte des Stammes wesentlich dicker war als auf der nördlichen und dass an ersterer wieder die Süd-West-Seite vor der Süd-Ost-Seite deutlich bevorzugt war. Die stärkste lebende Rinde findet sich da, wo die Borkebildung am schwächsten ist, nämlich im Nordosten. Sämtliche Stammscheiben sind exzentrisch und hatten ihren grössten Radius im Südosten; dies hat aber keinen nachweisbaren Einfluss auf die Rindebildung, denn nicht nur für die Borke allein, sondern auch für die lebende Rinde und die Borke zusammengenommen liegt das Maximum im Südwesten. Im ganzen sind die Dickenunterschiede für Rinde und Borke auf den verschiedenen Seiten nicht gross. Das geringe Plus auf der Süd-Seite ist wohl lediglich durch die aus dem Phellogen entstandenen, die Borkeschuppen von der lebenden Rinde abtrennenden Korkzellen bewirkt. Hieraus geht hervor, dass die stärkere Besonnung auf der Süd-Seite auf die Zellbildung des Cambiums wenig Einfluss hat, und dass hauptsächlich die lebende Rinde auf dieselbe mit Borkebildung reagiert.

Für die 9 Scheiben der

Fichte II

lauten die entsprechenden Zahlen

Maximum	der Borke	der Rinde	von Rinde + Borke	des Holzes
im S.-W.	6 mal	0 mal	2 mal	1 mal
„ S.-O.	1 „	2 „	5 „	2,5 „
„ N.-O.	0 „	5 „	1 „	3,5 „
„ N.-W.	0 „	2 „	1 „	2 „

Es war die durchschnittliche als Mittel aus je 36 Messungen berechnete

Dicke	der Borke	der Rinde	von Rinde + Borke	des Holzes
im S.-W.	1,9 mm	2,2 mm	4,1 mm	72 mm
„ S.-O.	1,6 „	2,6 „	4,2 „	76 „
„ N.-O.	0,6 „	3,0 „	3,6 „	78 „
„ N.-W.	1,0 „	2,8 „	3,8 „	74 „

Aus der ersten Tabelle geht hervor, dass die beiden obersten Stammscheiben noch gar keine Borke besassen.

Die Resultate stimmen mit denen für die erste Fichte gefundenen vollkommen überein.

An dem ganzen Südrande des Bestandes, aus dem diese beiden Fichten genommen sind, ist noch eine schon von weitem auffallende äusserliche Wirkung der Insolation wahrzunehmen. Es waren nämlich auf dieser Seite an den Stämmen die äussersten Borkeschuppen nur noch in ihrem mittleren Teile mit der Rinde verwachsen, während ihre Ränder infolge der

Austrocknung stark aufgebogen waren und vom Stamme abstanden. Da somit eine die Wärmeleitung unterbrechende Luftschichte zwischen die äussersten, von den Sonnenstrahlen zunächst getroffenen Borkeschuppen und die darunter liegenden treten kann, so hat der Baum damit einen weiteren Schutz gegen Rindenbrand.

XII. Buchen.

Nachdem wir gesehen haben, dass alle untersuchten Bäume durch die intensivere Besonnung auf der Süd- und namentlich der Süd-West-Seise zu einer stärkeren Borkebildung veranlasst werden und in dieser Borke einen wirksamen Schutz gegen Rindenbrand haben, ist die Frage, wie die Buche, die die Fähigkeit, Borke zu bilden nicht besitzt, auf die Besonnung reagiert und sich gegen Rindenbrand widerstandsfähig macht, von besonderem Interesse. Dass die Sonnenstrahlen auch bei der Buche eine Reizwirkung in der Rinde hervorrufen, die letztere vor dem Tode durch Ueberhitzung bewahrt, geht daraus hervor, dass ein an den Freistand von Jugend auf oder allmälich seit langer Zeit gewöhnter Stamm von dem Rindenbrande verschont bleibt und nur ein plötzlich freigestellter demselben erliegt.

Um diese Reizwirkung zu finden, wurden zwei etwa 160jährige Buchen, die seit vielen Jahren in einer sehr lichten Nachhiebstellung auf einer freien Anhöhe standen, gefällt und der ersten 8, der zweiten 7 Scheiben in Abständen von 2—3 m entnommen. An diesen Scheiben wurden zunächst in der bekannten Weise Radius des Holzkörpers und Dicke der Rinde gemessen. Statt der vielen Einzelergebnissen seien wieder nur die aus je 32 resp. 28 Messungen gewonnenen Mittelwerte mitgeteilt.

Buche I.	Rinde	Holz
im S.-W.	5,4 mm	155 mm
„ S.-O.	5,8 „	158 „
„ N.-O.	4,7 „	155 „
„ N.-W.	4,8 „	146 „

Das Maximum	der Rinde	des Holzes
war im S.-W.	1,5 mal	1 mal
„ S.-O.	6,5 „	3 „
„ N.-O.	0 „	2 „
„ N.-W.	0 „	2 „

Buche II	Rinde	Holz
im S.-W.	4,7 mm	113 mm
„ S.-O.	4,5 „	116 „
„ N.-O.	4,2 „	132 „
„ N.-W.	4,2 „	120 „

Das Maximum	der Rinde	des Holzes
war im S.-W.	4 mal	0 mal
„ S.-O.	3 „	0 „
„ N.-O.	0 „	6 „
„ N.-W.	0 „	1 „

Wir sehen, dass die Rinde unabhängig von der Grösse des Holzzuwachses auf der Süd-Seite dicker ist als auf der Nord-Seite. Es ist also entweder die lebende Rinde in ihrer Gesamtheit, welche unter dem Einfluss der Besonnung kräftiger und zellenreicher ausgebildet der zarten Cambialschicht Schutz gewährt, oder es hat eine Gewebeform ausschliesslich diese Funktion. Eine mikroskopische Untersuchung und Vergleichung von Nord- und Süd-Seite ergab, dass das letztere der Fall ist und dass diese Gewebeform das Sklerenchym ist. Schon mit der Lupe konnte man den grösseren Reichtum der Süd-Seite an Steinzellen gegenüber der Nordseite wahrnehmen. Um denselben aber auch zahlenmässig annähernd festzustellen, wurde folgendermassen verfahren:

Es wurden von den beiden aus 2,5 und 4,5 m Höhe entnommenen Scheiben der zweiten Buche sowohl auf der Süd-West- als auch auf der Nord-Ost-Seite je an 20 verschiedenen Stellen Querschnitte durch die Aussenrinde angefertigt. Diese Schnitte wurden nun unter das Mikroskop gebracht und mit etwa 300facher Vergrösserung mit Hilfe des Zeichenprismas die Umrisse des Gesichtsfeldes und die Steinzellennester auf fein karriertes Papier gezeichnet. Hierauf wurde die Zahl der Quadrate des Gesichtsfeldes und die, welche die Steinzellen einnahmen, festgestellt und das Verhältnis der letzteren zu den ersteren prozentisch berechnet. Es ergab sich, dass die Buche in der Höhe von 2,5 m auf der Süd-West-Seite 45,4 %, auf der Nord-Ost-Seite dagegen nur 25,2 %, in der Höhe von 4,5 m auf der Süd-West-Seite 47,4 %, auf der Nord-Ost-Seite 31,6 % Steinzellen in der Aussenrinde besass. Diese bekannten

Steinzellen mit den dicken, geschichteten, von feinen Kanälen durchzogenen Wänden haben meist nur noch ein ganz enges oder gar kein Lumen mehr. Sie bilden oft grosse, lückenlos zusamenhängende, sehr substanzreiche Platten, die in zahlloser Menge in der Rinde über- und hintereinander stehend gleichsam wie ein Schirm die Innenrinde und das Cambium gegen die schädliche Wirkung der Sonnenstrahlen schützen.

Zusammenstellung der Resultate.

1. Auf der Südseite des jungen Sprosses sind die Epidermiszellen weitlumiger als auf der Nordseite, was mehr ein Schutz gegen austrocknende Winde als gegen Ueberhitzung ist.

2. Gegen Ueberhitzung schützt sich der junge Spross durch Bildung stärkerer Peridermlagen mit möglichst vielen tangential gerichteten Zellwänden.

2. Bei einjährigen Eichensprossen kommt auf der Nordseite eine Schutzvorrichtung gegen austrocknende Winde vor, die darin besteht, dass die äussersten Zellen des Phellems sehr weitlumig und mit Luft erfüllt sind, während dieselben Zellen auf der Südseite mit einer braunen, wahrscheinlich aus Gummi und Gerbstoffen bestehenden Masse erfüllt sind und Schutz gegen zu intensive Besonnung bieten.

4. Aeltere Stämme der borkebildenden Bäume schützen sich gegen Besonnung durch Borkebildung, die unter normalen Verhältnissen auf der Südseite und namentlich im Südwesten stets stärker ist und früher beginnnt als auf der entgegengesetzten Seite.

5. Die stärkere Rinde- und Borkebilduug auf der Sonnenseite ist völlig unabhängig von dem Holzzuwachs dieser Seite.

6. Schon ehe Borkebildung erfolgt, ist die lebende Rinde auf der Sonnenseite dicker als auf der Schattenseite. Zu dieser Zeit scheint die Aussenrinde das Cambium und die Innenrinde gegen die Sonnenstrahlen zu schützen.

7. Mooswuchs am Stamme wirkt hemmend auf die Borkebildung.

8. Die Rotbuche, welche des Schutzes einer Borke entbehrt, hat denselben in den Steinzellennestern und -platten ihrer Aussenrinde, welche auf der Sonnenseite bedeutend stärker entwickelt sind, als auf der Schattenseite.

Der Verfasser erfüllt eine angenehme Pflicht, indem er Herrn Professor Dr. R. Hartig sowohl für die Anregung zu dieser Arbeit als auch für seine freundliche Unterstützung bei Anfertigung derselben auch an dieser Stelle seinen wärmsten Dank ausspricht.

Literatur-Angabe.

R. Hartig, Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München.

R. Hartig, Untersuchungen von Baumtemperaturen. Forstl.-naturwissenschaftl. Zeitschrift, I. Jahrgang.

H. Mayr, Ueber die Verteilung des Harzes in unseren wichtigsten Nadelholzbäumen. (Botan. Centralblatt 1884.)

J. Möller, Anatomie der Baumrinden.

Griesebach, Die Vegetation der Erde.

H. Mohl, Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke auf der Rinde der buumartigen Dicotylen.

C. Sanio, Vergl. Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Korkes.

de Bary, Vergleichende Anatomie.

Hanstein, Untersuchungen der Baumrinde.

Th. Schube, Beiträge zur Kenntnis der Anatomie blattarmer Pflanzen. Inaug.-Dissert.